

[文章编号] 1004- 0609(2001)05- 0824- 03

脉冲电流对铸造 ZA27 合金中缩孔和疏松的影响^①

高 明^{1, 2}, 何冠虎¹, 杨 菲¹, 郭敬东¹, 原正兴³, 水 丽³, 周本濂¹

(1. 中国科学院金属研究所, 沈阳 110015; 2. 沈阳师范学院 物理系, 沈阳 110031;

3. 沈阳工业学院 材料系, 沈阳 110006)

[摘 要] 在砂型铸造 ZA27 合金的凝固过程中用脉冲电流进行处理, 结果表明这种处理方法可以提高铸件的致密性, 大大减少铸件中的缩孔和疏松。脉冲电流处理后铸件密度增加 2.5%。电流对铸件中缩孔的分布也有影响。

[关键词] 脉冲电流; ZA27 合金; 缩孔; 疏松

[中图分类号] TG 111.4

[文献标识码] A

上世纪 70 年代以来, 铸造锌合金的研究与应用得到了进一步的发展^[1, 2]。ZA8, ZA12, ZA27 等一系列锌合金被用于重力铸造, 而且表现出很好的机械及铸造等方面的性能。与锌合金压铸工艺相比, 常规重力铸造在加工成本及工艺操作等方面都有明显的优越之处, 但在铸件中常出现较多的缩孔和疏松缺陷, 影响了铸件的质量及使用寿命。减少这类缺陷对提高铸件质量至关重要。在一般消除铸件中孔洞缺陷的方法中, 注意力主要集中于模具的设计、添加剂的使用、控制浇铸温度及模壁散热速度等方面。近 20 年来, 电流对熔点较低的 Pb-Sn 铸造合金组织结构的影响已有一些报道^[3~5], 这启示我们研究脉冲电流对铸件中孔洞缺陷状况的影响, 以探索一种减少常规重力铸造中缩孔的有效方法。作者对熔点较高的 ZA27 合金砂型铸造过程进行脉冲电流处理, 研究脉冲电流对缩孔的影响, 并观察到了缩孔及疏松减少的现象, 改善了铸件的致密性。

1 实验

将 ZA27 合金在石墨坩埚中加热到 600 ℃左右并完全熔化, 再经充分搅拌、去氧化皮处理后在用耐火砖材料制成的砂型中浇铸。砂型事先用电炉预热到 100 ℃左右。所浇铸的试样分为在凝固过程中加脉冲电流处理和不加脉冲电流处理两组, 以便对处理结果进行对照。实验中用热电偶及 X-Y 记录

仪组成温度记录系统对凝固过程进行监测, 从而可直接控制当铸件处于某一温度时施加脉冲电流。脉冲电流由电容及控制设备经电容器放电产生。同时用特制的无感标准电阻及数字存储示波器 (TDS3012) 对试样中电流进行监测。图 1 为实验原理示意图。试样为园棒形, 直径为 10 mm, 长 90 mm。与液态合金接触的电极直径为 1 mm 的钨丝, 钨丝事前经去氧化皮处理并粘有 ZA27 合金。

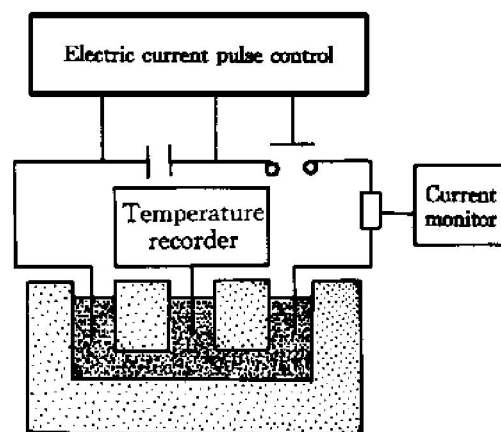


图 1 实验原理示意图

Fig. 1 Schematic of experimental apparatus

图 2 为实验中测得的一条脉冲电流 随时间变化的曲线, 脉冲电流强度峰值约为 2 600 A, 脉冲半高峰持续时间约为 400 μs。图 3 为合金凝固降温曲线, 实验中选择不同的温度点加脉冲电流, 以观察不同温度时加电流的情况下, 脉冲电流对铸件试样的影响效果。处理后对上述铸件样品的密度进行测量。由于采用了排水称重法, 并扣除吊丝的影响和蒸馏水温度的影响, 密度测量误差小于 ±1%。

① [基金项目] 国家自然科学基金资助项目(59889101)

[收稿日期] 2000- 12- 21; [修订日期] 2001- 03- 13

[作者简介] 高 明(1964-), 男, 副教授, 博士研究生。

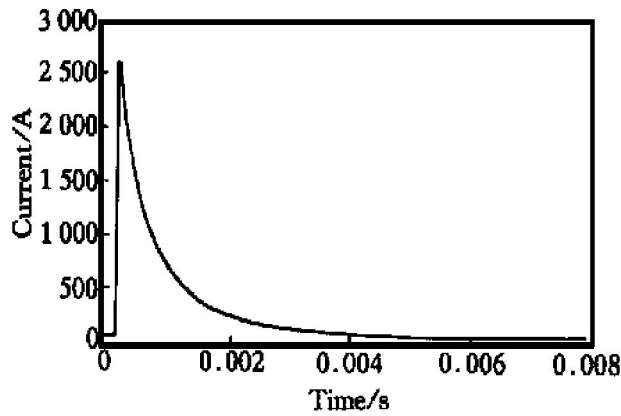


图 2 实验中测得的脉冲电流波形

Fig. 2 Pulse electric current-time curve measured in experiment

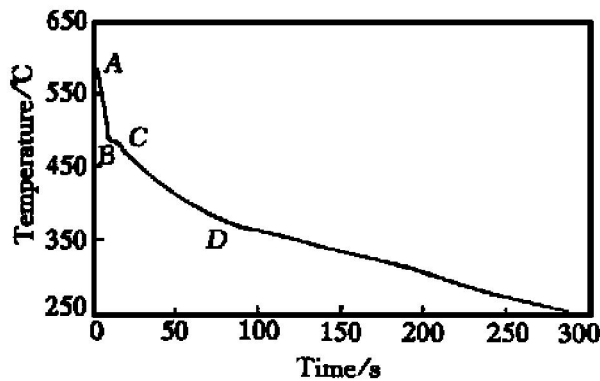


图 3 实验中测得的 ZA27 合金凝固降温曲线

Fig. 3 Cooling curve for solidification of ZA27 alloy measured in experiment

2 结果与讨论

表 1 列出了脉冲电流处理前后的合金密度的测

量值,可以看出,脉冲电流处理后的合金密度增大。图 4 为样品光学金相显微镜拍摄的照片,脉冲电流垂直于此截面。图 4(a) 为未加脉冲电流处理的样品。图 4(b) 与 (c) 为加脉冲电流处理的样品,但选择加电流的时机不同。图 4(b) 为在凝固初期加脉冲电流而图 4(c) 为在凝固中期加脉冲电流。从照片上可以看出,与图 4(a) 相比,图 4(b) 中的疏松明显减少。且缩孔也比图 4(a) 中的缩孔要小,且呈现出比较均匀的圆形。上述结果表明在 ZA27 合金凝固过程中加脉冲电流进行处理将有利于减少合金中疏松及缩孔缺陷,提高铸件的致密性。

高铝锌合金凝固过程中,不断生长的枝晶形成紧密的网络阻碍剩余液体的流动,并将合金液分割为互不连通的小熔池。这时,熔池中的凝固收缩不能得到及时补缩而形成缩孔和疏松缺陷。强脉冲电流在铸件上产生的脉冲电磁应力整体上对铸件有压缩效应^[6],使枝晶网发生破碎^[7~9],还可以使一些细小的枝晶发生重熔^[5],另外,也可以促使未凝固的液体发生流动。这些效应有利于液体对缩孔进行补缩,从而使铸件中的缩孔及疏松大大减少。图 3 所示的凝固降温曲线中,AB 段所对应的状态为液态,BC 对应凝固开始,有晶核产生。CD 为凝固阶段,铸件中合金没有完全凝固,为液固共存状态。对 ZA27 合金,此温约有 110 °C。实验结果显示,在 ABC(主要是 BC) 温区内加脉冲电流处理所得铸件中缩孔分布比较均匀。当 ABC 温区不加脉冲电流,而在 CD 温区加脉冲电流时,铸件中孔洞分布不均匀(图 4(c))。这表明在不同降温区间内加脉冲电流

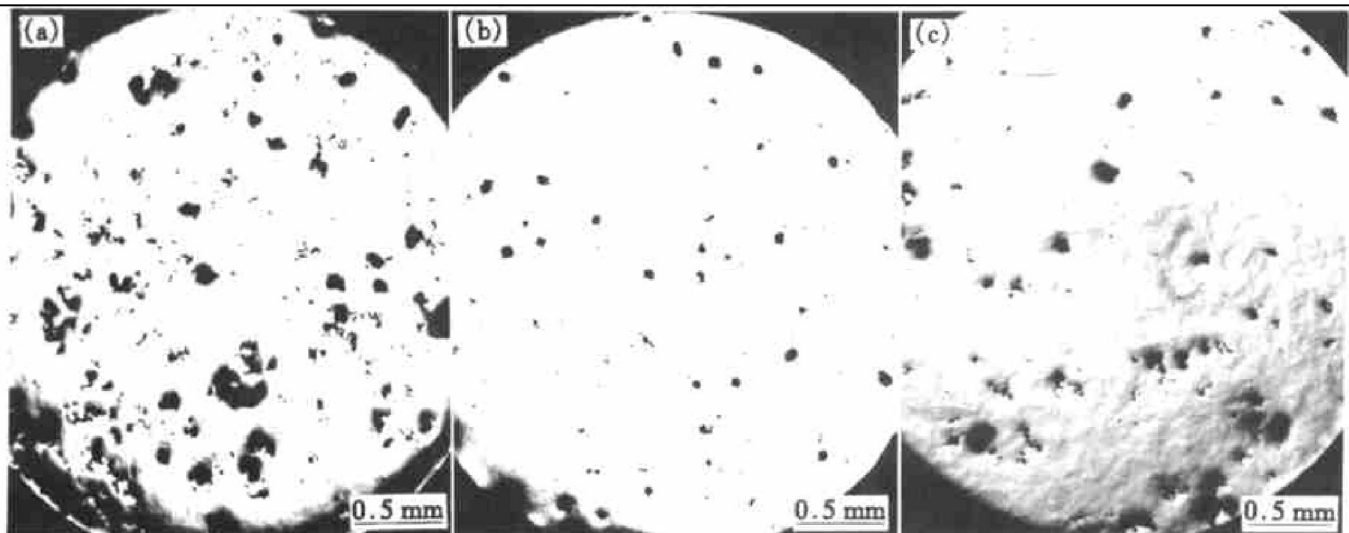


图 4 脉冲电流处理前后 ZA27 合金内的缩孔和疏松缺陷情况

Fig. 4 Photographs of shrinkage cavity and porosity in ZA27 alloy treated with pulse current and without pulse current

(a) —Without pulse current; (b) —With pulse current at beginning of solidification; (c) —With pulse current in solidification

表 1 脉冲电流处理前后 ZA27 合金密度

Table 1 Density values of ZA27 alloy treated with pulse current and without pulse current

Density value without pulse current $\rho / (\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	Density value with pulse current $\rho^* / (\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	Increase rate $(\Delta\rho/\rho) / \%$ ($\Delta\rho = \rho^* - \rho$)
4.705	4.823	2.5

会影响缩孔在铸件中的分布, 在 *BC* 及温度稍低于凝固点的温区内加电处理, 会收到较好的效果。一般来说, 当液态金属被浇铸到铸型后, 凝固首先在温度较低的区域即型壁与液体接触面处发生, 然后向中心区域发展。但是, 如果在凝固点附近加脉冲电流处理, 可能会使成核同时在整个液体中(或液体中较大的区域内)发生^[8, 10], 这就使凝固过程在边界区和中间区同时进行, 因而缩孔也就呈现出较为均匀的分布状态。

3 结论

在凝固过程中加脉冲电流处理可减少铸件中的缩孔和疏松缺陷, 提高铸件的致密性。脉冲电流对缩孔的分布有影响。在凝固点及稍低于凝固点时加脉冲处理减少缩孔及疏松的效果更好。

[REFERENCES]

[1] Alan Kaye, Arthur Street. Die Casting Metallurgy [M].

London: Butterworth Scientific Press, 1985. 80– 85

- [2] SUN Lian-chao(孙连超), TIAN Rong-zhang(田荣璋). The Physical Metallurgy of Zinc and Zinc Alloys(锌及锌合金物理冶金学) [M]. Changsha: Central South University of Technology Press, 1994. 369– 407
- [3] Misra A K. A novel solidification technique of metals and alloys: under the influence of applied potential [J]. Metall Trans A, 1985, 16A: 1354– 1355.
- [4] Misra A K. Misra technique applied to solidification of cast iron [J]. Metall Trans A, 1986, 17A: 358– 360.
- [5] Nakada M, Shiohara Y, Flemings M C. Modification of solidification structures by pulse electric discharging [J]. ISIJ Inter, 1990, 30(1): 27– 33.
- [6] Okazaki K, Kagawa M, Conrad H. An evaluation of the contributions of skin, pinch and heating effects to the electroplastic effect in titanium [J]. Material Science and Engineering, 1980, 45: 109– 116.
- [7] LI Jian-ming, LI Sheng-li, LI Jin, et al. Modification of solidification structure by pulse electric discharging [J]. Scr Metall Mater, 1994, 31(12): 1691– 1694.
- [8] Barnak J P, Sprecher A F, Conrad H. Colony(grain) size reduction in eutectic Pb-Sn castings by electroplusing [J]. Scr Metall Mater, 1995, 32(6): 879– 884.
- [9] Spencer D B, Mehrabian R, Flemings M C. Rheological behavior of Sn-15 Pct Pb in the crystallization range [J]. Metall Trans, 1972, 3: 1925– 1932.
- [10] YAN Hong-chun(鄢红春), HE Guan-hu(何冠虎), ZHOU Ben-lian(周本濂), et al. 脉冲电流对 Sn-Pb 合金凝固组织的影响 [J]. Acta Metallurgica Sinica(金属学报), 1997, 33(4): 352– 358.

Effect of electric current pulse on shrinkage cavity and porosity in casting ZA27 alloy

GAO Ming^{1, 2}, HE Guan-hu¹, YANG Fei¹, GUO Jing-dong¹,
YUAN Zheng-xing³, SHUI Li³, ZHOU Beng-lian¹

(1. Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015, P. R. China;

2. Department of Physics, Shenyang Normal College, Shenyang 110031, P. R. China;

3. Department of Material Science, Shenyang Institute of Technology, Shenyang 110015, P. R. China)

[Abstract] The ZA27 alloy cast in a sand mould was treated with electric current pulse (EP) during the solidification. The experiment result indicates that the treatment of the electric current can apparently reduce the shrinkage cavity and the porosity. The density of the casting after treating with EP increases by 2.5% than that before EP. The current pulse applied in the solidification can also affect the distribution of the defects in the casting.

[Key words] electric current pulse; ZA27 alloy; shrinkage cavity; porosity

(编辑 朱忠国)